



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang pendirian pabrik

Indonesia memiliki kekayaan alam melimpah yang sangat berpotensi dalam pengembangan berbagai industri. Industri yang mengelola bahan mentah menjadi produk tertentu diharapkan dapat meningkatkan perekonomian negara dan dapat menciptakan lapangan pekerjaan sehingga mengurangi pengangguran. Salah satu kekayaan yang dimiliki Indonesia adalah gas alam. Sangat disayangkan bahwa banyak industri gas alam yang diolah kemudian diekspor ke luar negeri. Maka dari itu perlu ditingkatkan kegunaan gas alam untuk kepentingan di dalam negeri. *Maleic anhydride* merupakan salah satu produk di industri kimia yang diolah dari bahan baku gas alam yaitu n-butana.

Maleic anhydride memiliki rumus molekul $C_6H_4O_3$ atau disebut juga 2,5-*furandione* yang merupakan salah satu senyawa organik. Senyawa ini dapat disintesis dengan mengoksidasi butana (C_4H_{10}) atau benzena (C_6H_6). Produk *maleic anhydride* merupakan *intermediate product* yang artinya bahan kimia ini adalah produk yang memiliki fungsi sebagai bahan baku untuk produk lainnya. Kegunaan *maleic anhydride* yang beragam disebabkan oleh struktur grup *dicarboxylic acid* serta reaktivitas ikatan rangkap pada posisi alfa dan beta. Struktur kimia dan reaktivitas yang tinggi dari turunan *maleic anhydride* berpotensi menjadi beberapa jenis resin dan berbagai transformasi kimia pereaksi organik. Penggunaan *maleic anhydride* antara lain (Kirk Othmer, 1978):

1. Sebagai bahan baku *agricultural chemical*
2. Sebagai bahan baku *alkyl resin*
3. Sebagai bahan baku *fumaric acid*



4. Sebagai bahan baku *tartaric acid*
5. Sebagai bahan baku *unsaturated polyester resin*
6. Sebagai bahan pembuatan aditif minyak pelumas
7. Sebagai bahan pengawet pada lemak

Pendirian pabrik *maleic anhydride* di Indonesia akan membawa dampak positif karena banyak industri yang menggunakannya sebagai bahan baku. Bahan baku pembuatan *maleic anhydride* yaitu n-butana tersedia cukup melimpah di dalam negeri dan kebutuhan dunia tiap tahunnya meningkat.

1.2 Penentuan kapasitas rancangan pabrik

Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan. Pada dasarnya, semakin besar kapasitas produksi maka kemungkinan keuntungannya juga semakin besar. Namun ada beberapa faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik, yaitu:

- 1) Kebutuhan pasar
- 2) Kapasitas minimal pabrik
- 3) Ketersediaan bahan baku

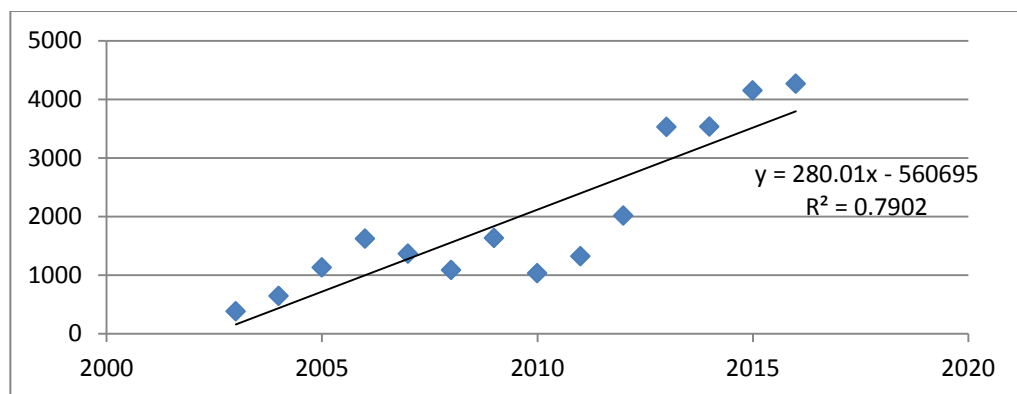
1.2.1 Kebutuhan pasar

Maleic anhydride telah diproduksi dalam negeri, namun masih memerlukan impor dari negara lain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Data impor *maleic anhydride* dari Biro Pusat Statistik di Indonesia tahun 2003-2015 adalah sebagai berikut:



Tabel 1.1 Data Impor *maleic anhydride* di Indonesia

No.	Tahun	Kebutuhan(ton/tahun)
1	2003	378
2	2004	641
3	2005	1.127
4	2006	1.619
5	2007	1.364
6	2008	1.085
7	2009	1.630
8	2010	1.028
9	2011	1.320
10	2012	2.013
11	2013	3.527
12	2014	3.531
13	2015	4.150
14	2016	4.262



Gambar 1.1 Kebutuhan impor *maleic anhydride* tahun 2003-2016

Dari grafik terlihat bahwa impor *maleic anhydride* di Indonesia relatif meningkat setiap tahunnya. Regresi linier didapatkan $y=280,01x - 560695$, dengan y adalah impor *maleic anhydride* pada tahun



tertentu dalam ton dan x adalah tahun tertentu tersebut. Pabrik *maleic anhydride* direncanakan dibangun pada tahun 2024 dan beroperasi pada tahun 2025. Dari persamaan garis linier maka diperkirakan bahwa besarnya impor pada tahun 2025 adalah sebesar 6325,25 ton/tahun.

1.2.2 Kapasitas minimal pabrik

Kapasitas pabrik yang didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau paling tidak sama dengan pabrik yang sedang berjalan. Pabrik *maleic anhydride* diantaranya berasal dari bahan baku butana ataupun dapat pula dari bahan baku benzen. Pabrik *maleic anhydride* yang berdiri di Indonesia dengan bahan baku benzen terdapat pada PT. Justus Kimiaraya dengan kapasitas 14.000 ton per tahun, sedangkan untuk pabrik *maleic anhydride* dengan bahan baku butana tersebar di berbagai penjuru dunia yang dapat dilihat pada tabel berikut (Kirk Othmer, 1978):

Tabel 1.2 Daftar pabrik *maleic anhydride* dengan bahan baku butana

No	Proses	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	Amco Chemicals Co	Joliet, illinois	34.000
2	Ashland Chemical Co	Neal, West Virginia	23.000
3	Denka Chemical Co	Houston, Texas	23.000
4	Monsanto Co	Ponsa Colla, Florida	77.000
5	United State Steel	Niville Island, Pensylvania	20.000
6	Bartex Chemical Co Ltd	Stoney Creek Ontano, Canada	14.000
7	Monsanto Ltd	Newport, Wales, UK	25.000
8	Nichiyu Chemical Co Ltd	Oita, Japan	15.000
9	Bayer AG	Verdingen	10.000
10	Huntsman	Geismar, Louisiana	45.000
		Pensacola, Florida	



1.2.3 Kebutuhan bahan baku

Kebutuhan bahan baku adalah 103.39 ton/hari sehingga dalam setahun akan membutuhkan 34.117 ton/tahun. Kebutuhan ini sudah terpenuhi dengan tersedianya bahan baku di perusahaan yang telah berdiri di Indonesia. Bahan baku yang digunakan adalah LPG yang dapat diperoleh dari:

Tabel 1.3 Daftar pabrik dengan kapasitas LPG

No.	Pabrik	Kapasitas LPG (ton/tahun)
1	PT. Surya Esa Perkasa	10.685.000.000
2	PT. Arun Aceh	6.900.000
3	PT. Badak NGL	1.000.000
4	PT. Pertamina Balongan	252.000
5	PT. Pertamina Cilacap	146.520

1.3 Pemilihan lokasi pabrik

Dalam perancangan pabrik pemilihan lokasi merupakan hal yang sangat penting, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Terdapat beberapa pertimbangan dalam perencanaan didirikannya pabrik *maleic anhydride* yaitu sebagai berikut:

1.3.1 Faktor utama

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1. Sumber bahan baku

Bahan baku pembuatan *maleic anhydride* adalah n-butana dan udara. Dimana n-butana didatangkan dari PT. Surya Esa Perkasa di Palembang. Selain di PT. Surya Esa Perkasa, n-butana juga dapat didatangkan dari PT. Arun Aceh.



2. Sarana Transportasi

Tersedianya sarana transportasi yang memadai untuk proses penyediaan bahan baku. Lokasi pabrik didirikan di Palembang, dekat dengan kawasan industri khususnya PT. Surya Esa Perkasa.

3. Utilitas

Fasilitas utilitas yang meliputi penyediaan air, listrik serta bahan bakar. Kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang sudah masuk ke kawasan industri ini. Sementara untuk sarana lain seperti air juga tersedia karena dekat dengan Sungai Musi.

1.3.2 Faktor pendukung

1. Harga tanah dan bangunan dikaitkan dengan rencana di masa mendatang
2. Kemungkinan perluasan pabrik
3. Tersedianya air yang cukup
4. Peraturan pemerintah daerah setempat
5. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya)
6. Iklim
7. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi
8. Perumahan penduduk atau bangunan lain

1.4 Tinjauan pustaka

Maleic anhydride ($C_4H_2O_3$) pertama kali disintesa oleh Pelauze pada tahun 1834 dengan cara memanaskan asam maleat, yaitu suatu komponen yang ditemukan pada buah apel dan beberapa buah lain. *Maleic anhydride* dikomersialkan pada tahun 1930 oleh *National Aniline and Chemical* dengan bahan baku benzena melalui oksidasi katalitik menggunakan udara. Pada



tahun 1974 mulai dikembangkan pembuatan *maleic anhydride* dengan bahan baku n-butana. *Maleic anhydride* banyak digunakan dalam pembuatan *unsaturated polyester resin*. Produk akhir *maleic anhydride* berbentuk *molten* dan umumnya dijual dalam bentuk butiran (Kirk Othmer, 1978).

1.4.1 Macam-macam proses

Maleic anhydride dibuat dengan proses oksidasi katalitik fase uap dengan campuran udara dan hidrokarbon. Adapun campuran hidrokarbon yang bisa digunakan yaitu butana, benzena dan butena (Kirk Othmer, 1978).

Pada perancangan pabrik *maleic anhydride* ini dipilih bahan baku n-butana dengan proses oksidasi dengan pertimbangan sebagai berikut:

Tabel 1.4 Pertimbangan bahan baku tiap kilogram (BPS, 2016)

Komponen	Harga (US\$)
Benzena	0,293
Butana	0,147
Butena	0,296

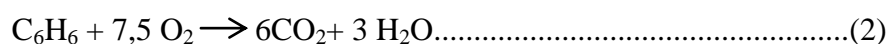
a. Oksidasi benzene

Proses oksidasi benzena merupakan cara yang paling lama digunakan untuk membuat *maleic anhydride*. Karena reaksi yang berjalan bersifat sangat eksotermis maka digunakan katalis padat *vanadium oxide* yang diletakkan dalam *multitube* dengan pendingin suatu larutan yang disirkulasikan melalui *shell side* dari reaktor.

Reaksi:



Reaksi samping:

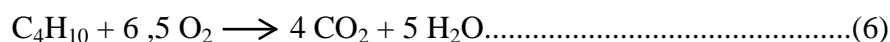
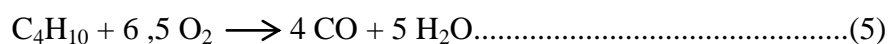
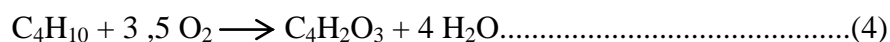




b. Oksidasi butana

Pada perkembangan selanjutnya, proses pembuatan *maleic anhydride* melalui proses oksidasi butana yang mulai di produksi komersial oleh Monsanto Co pada tahun 1974 dengan menggunakan katalis *vanadium phosphorus oxide* (VPO) dengan reaksi yang berjalan sangat eksotermis.

Reaksi:



c. Oksidasi butena

Sedikit pabrik yang menggunakan bahan baku butena sebagai bahan baku pembuatan *maleic anhydride*. Ini dikarenakan reaksi yang terjadi merupakan reaksi analog dengan reaksi butana.

1.4.2 Pemilihan proses

Pemilihan proses bertujuan untuk menentukan proses yang menguntungkan baik dari segi teknis maupun segi ekonomi. Berikut merupakan perbandingan proses pembuatan *maleic anhydride* dengan bahan baku benzena dan n-butana (Kirk Othmer, 1978):

Tabel 1.5 Tabel perbandingan proses antara benzena dan n butana

No	Pertimbangan proses	Benzena	n-Butana
1.	Temperatur reaksi	460°C - 500°C	390°C - 430°C
2.	Konversi	72% C_6H_6 terkonversi menjadi <i>maleic anhydride</i> dan 26% menjadi CO_2 , dan 2% tidak bereaksi	68% n-butana menjadi <i>maleic anhydride</i> , 12% menjadi CO_2 , 16% menjadi CO, dan 4% tidak bereaksi



Tabel 1.5 Tabel perbandingan proses antara benzena dan n butane (lanjutan)

No	Pertimbangan proses	Benzena	n-Butana
3.	Konsentrasi bahan baku dalam udara	$\leq 1,5\%$	$\leq 1,7\%$
4.	Dekomposisi produk	30% <i>maleic anhydride</i> terbentuk akan terdekomposisi atau bereaksi lanjut dengan CO ₂ dan H ₂ O	<i>Maleic anhydride</i> yang terbentuk tidak terdekomposisi atau bereaksi lanjut
5.	Rumus bangun	<i>Benzene</i> memiliki 2 atom C berlebih untuk membentuk <i>maleic anhydride</i> (C ₄ H ₂ O ₃) sehingga CO ₂ yang dihasilkan lebih banyak	n-butana memiliki atom C yang sama untuk menghasilkan <i>maleic anhydride</i>
6.	Harga bahan baku	US\$ 1,43/kg	US\$ 1,2/kg
7.	Kebutuhan bahan baku / kg produk	1,9 kg	1,28 kg

1.4.3 Kegunaan produk

Kegunaan *maleic anhydride* yang beragam disebabkan oleh stuktur grup *dicarboxylic acid* serta reaktivitas ikatan rangkap pada posisi alfa dan beta. Struktur kimia dan reaktivitas yang tinggi dari turunan *maleic anhydride* berpotensi menjadi beberapa jenis resin dan berbagai transformasi kimia pereaksi organik. Penggunaan *maleic anhydride* antara lain (Kirk Othmer, 1978):

- 1) Sebagai bahan baku *agricultural chemical*
- 2) Sebagai bahan baku *alkyl resin*



- 3) Sebagai bahan baku *fumaric acid*
- 4) Sebagai bahan baku *tartaric acid*
- 5) Sebagai bahan baku *unsaturated polyester resin*
- 6) Sebagai bahan pembuatan aditif minyak pelumas
- 7) Sebagai bahan pengawet pada lemak

1.4.4 Sifat Fisis dan Kimia

1.4.4.1 Bahan baku

Dalam perancangan pabrik ini menggunakan bahan baku berupa n-butana dan udara. Berikut perinciannya:

1) n-butana

- a. Sifat fisis n-butana adalah sebagai berikut (Kirk Othmer, 1978):

Rumus Kimia	: C_4H_{10}
Berat molekul	: 58.124 kg/mol
Densitas (25 °C), kg/m ³	: 2.5379
Titik didih	: -0,6°C
Titik lebur	: -135°C
Vapor pressure (25 °C), atm	: 356
Suhu kritis (Tc), °C	: 228
Tekanan kritis (Pc), atm	: 36
Volume kritis, cm ³ /mol	: 225
Viskositas	: 1,17 cp
Panas pembentukan	: -29,812 Kkal/mol
Panas penguapan	: 86,63 Kkal/mol
Energi bebas pembentukan	: -3,754 Kkal/mol

- b. Sifat kimia n-butana adalah sebagai berikut (Kirk Othmer, 1978):

➤ Halogenasi

Chloride dan *bromide* mengkonversi butana menjadi *chloro* butana atau *bromo* butana. Reaksi berjalan pada temperature 250°-400°C atau dengan bantuan sinar. Halogenasi butana menghasilkan dua isomer yaitu 1-*bromo* butana dan 2-*bromo* butana atau 1-*chloro* butana dan 2-*chloro* butana.



➤ *Cracking*

Dengan proses ini butana diubah menjadi –diena seperti 1-butana, 2-butana, 1,3-butadiena.

➤ *Thiophene*

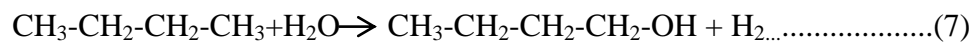
Diproses dengan cara sintesa industri dengan reaksi antara sulfur dan butana dengan kondisi operasi 560°C.

➤ Nitrasi

Dengan perbandingan reaktan butana : asam nitrat = 15 : 1 menghasilkan nitrobutana.

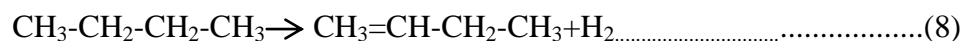
➤ Hidrolisa

Reaksinya sebagai berikut:



➤ Dehidrogenasi

Reaksi ini akan mengubah ikatan dalam butana dari tak rangkap menjadi rangkap dua. Reaksinya:



2) Udara

A. Sifat Kimia udara adalah sebagai berikut (Perry, 1997):

- Oksigen bereaksi dengan semua elemen kecuali dengan gas He, Ne, dan Ar.
- Oksigen akan melepas elektron negatif valensi dua dalam kombinasi dengan elemen kimia lainnya.
- Untuk elemen tertentu seperti logam alkali dan rubidium, energi aktivasi pada suhu kamar mencukupi sehingga terjadi reaksi spontan.
- Pada suhu rendah dan ada katalis, oksigen akan bereaksi dengan kimia organik menghasilkan *oxygenated* hidrokarbon.
- Jika direaksikan dengan bahan bakar seperti *petroleum oil*, batu bara atau *natural gas* akan menghasilkan produk panas CO₂, H₂O, dan sisa udara (N₂ dan O₂).



B. Sifat Fisis udara adalah sebagai berikut (Kirk Othmer, 1978):

Udara memiliki presentase $N_2:O_2 = 79 : 21$ (%mol)

Tabel 1.6 Sifat fisis udara

No	Sifat	N_2	O_2
1	Berat molekul (kg/mol)	28,031	32,01
2	<i>Density</i> (kg/cm ³)	809	1149
3	<i>Spesific gravity</i>	12,5	1,71
4	Suhu kritis (K)	126,2	154,6
5	Titik beku (°C)	-209,68	-214,8
6	Titik didih (°C)	-195,9	-183
7	Tekanan kritis (bar)	3,3	50,5
8	Volume kritis (m ³ /mol)	0,089	0,73

1.4.4.2 Produk

Dalam prarancangan pabrik ini menghasilkan produk yaitu *maleic anhydride*. Berikut perinciannya:

A. Sifat fisis *maleic anhydride* adalah sebagai berikut (Kirk Othmer, 1978):

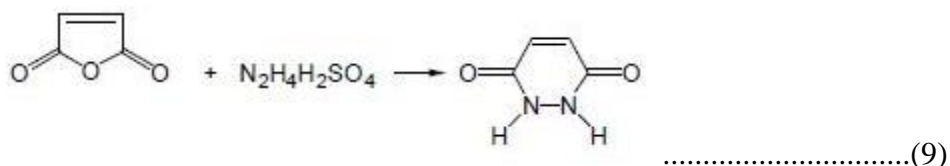
Rumus Kimia	: $C_4H_2O_3$
Berat molekul	: 98.06 g/mol
Bentuk	: kristal
Titik didih 1 atm, °C	: 202
Titik leleh, °C	: 52.85
Panas pembentukan (Hf), kJ/mol	: -470.41
Panas pembakaran (Hc), kJ/mol	: -1390
Panas penguapan (25 °C), kJ/mol	: 54.8
Kapasitas panas padat	: 1,21 kJ/kg K
Kapsitas panas cair	: 1,67 kJ/kg K

B. Sifat kimia *maleic anhydride* adalah sebagai berikut (Kirk Othmer, 1978):

➤ Amidasi

Maleic anhydride bereaksi dengan amoniak primer dan sekunder membentuk mono atau *diamides*. Amoniak primer dan *anhydride* membentuk asam amino yang mana dapat terhidrasi membentuk *imede*, *isomede* atau *polimede*, tergantung pada kondisi operasi yang dijalankan.

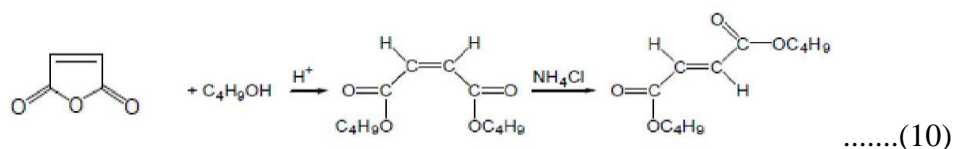
Reaksi:



➤ Esterifikasi

Mono dan *dialkyl maleat* dan *fumarate* dibuat dengan pemanasan alkohol dengan *maleic anhydride*. Esterifikasi biasanya dengan menggunakan katalis asam.

Reaksi:



➤ Halogenasi

Mono maleic anhydride dapat dibuat dengan klorinasi *maleic anhydride*.

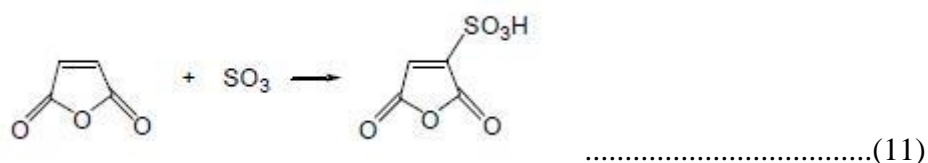
➤ Reaksi radikal bebas

Radikal *nukleophilic* yang berasal dari *cyclohexane* ditambahkan pada *maleic anhydride* membentuk *alkyl succinic anhydride*.

➤ Sulfonasi

Reaksi sulfonasi terjadi antara *maleic anhydride* dengan *sulphur trioxide*.

Reaksinya:





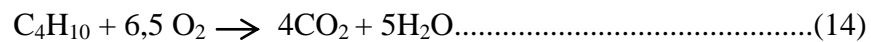
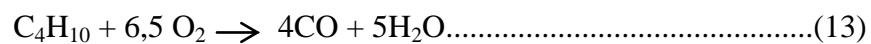
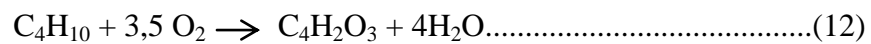
1.4.5 Tinjauan proses secara umum

Proses Produksi *maleic anhydride* dengan proses oksidasi butana sendiri dari suatu proses yaitu:

1.4.5.1 Tahap reaksi pembentukan

Maleic anhydride dibentuk dari reaksi oksidasi n-butana dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan katalis *vanadium phosphorus oxide* (VPO) dengan kondisi operasi 400°C dan tekanan 2 atm.

Reaksi yang terjadi:



1.4.5.2 Tahap pemurnian

a. Absorber

Produk dari reaktor yang berupa *maleic anhydride* dan produk samping berupa campuran gas kemudian dijerap oleh *dibutyl phthalate*. Hasil atas absorber berupa gas yang tidak terjerap dibuang melalui atas (n-C₄H₁₀, i-C₄H₁₀, C₂H₆, C₃H₈, N₂, O₂, CO, CO₂, C₄H₂O₃, C₁₆H₂₂O₄, dan H₂O). Namun tidak semua gas hasil atas absorber langsung dibuang ke lingkungan. Butana yang tidak bereaksi di-*recycle* kembali dengan separator. Sedangkan hasil bawah absorber diumpukan menuju *stripper* untuk memisahkan *dibutyl phthalate* dengan *maleic anhydride* (Kirk Othmer, 1978).

b. Stripper

Umpan dari absorber diproses menjadi hasil atas yang kaya akan *maleic anhydride* dan sedikit *dibutyl phthalate* serta air, selanjutnya masuk pada *stripper* 2. Sedangkan hasil bawah yang kaya akan *dibutyl phthalate* di-*recycle* ke absorber bersama *make-up absorbent dibutyl phthalate* (Kirk Othmer, 1978).